

МИКРОСТРУКТУРА И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТРУБ ИЗ СПЛАВА ХН60ВТ С НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКА ПВ-НХ16Ю6ИТ

Вальцев Н.В.^{*}, Рыжков А.Ф., Чикова О.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: nvaltsev@mail.ru

MICROSTRUCTURE AND CRYSTAL STRUCTURE OF THE PIPES FROM THE CRNi60WTi ALLOY WITH SPRAY COATING PV-NiCr16Al6Y

Valtsev N.V.^{*}, Ryzhkov A.F., Chikova O.A.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A metallographic study of the microstructure and crystal structure of samples of pipes from CrNi60WTi alloy with spray coating PV-NiCr16Al6Y by means of EBSD analysis is carried out. Pipes are used as elements of the heat exchanger in the environment of coal combustion products. The coating formed by gas-plasma spraying using a mixture of nitrogen and argon is applied to protect against wear by ash particles and from corrosion. The results obtained are discussed from the standpoint of modern ideas about the physics, chemistry, and mechanics of superalloys.

Сплав ХН60ВТ согласно ГОСТ 5632-2014 имеет химический состав: 23,5-26,5% Cr, 13-16% W, 0,3-0,7% Ti, $\leq 4\%$ Fe, $\leq 1,5\%$ Mo, $\leq 0,8\%$ Si, $\leq 0,5\%$ Mn, $\leq 0,5\%$ Al, $\leq 0,1\%$ C, остальное Ni, и применяется для изготовления деталей турбин, работающих при температурах до 1000°C [1]. Химические, физические и механические характеристики суперсплавов на основе никеля типа ХН60ВТ активно исследуются. Обсуждается роль добавок углерода для стабильности микроструктуры [2]. Установлено, что небольшое количество карбида MC, образующегося во время затвердевания, и продукт его разложения $M_{23}C_6$, отрицательно влияют на механические свойства, которые вместе с микропорами приводят к возникновению трещин и к окончательному разрушению детали [3]. Корреляция между разориентацией межзеренных границ и осаждением карбидов $M_{23}C_6$ в межзеренном пространстве в деформированном суперсплаве Ni-Cr-W была исследована с использованием метода EBSD-анализа. Было отмечено, что границы зерен с углом разориентации менее 20°, а также все специальные границы (CSL) не подвержены осаждению карбидов $M_{23}C_6$; напротив, случайные высокоугловые границы с углом разориентации 20-40° обеспечивают преимущество для осаждения карбидов $M_{23}C_6$ [4-5].

Методом газоплазменного напыления металлического порошка ПВ-НХ16Ю6Ит в защитной среде из смеси азота с аргоном с помощью плазмотрона ПП-25 на трубы из сплава ХН60ВТ наносилось защитное покрытие. Порошок ПВ-НХ16Ю6Ит содержит 16% Cr, 6% Al, $\leq 1\%$ Y, остальное – никель.

Металлографическое исследование образцов проводили с помощью с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss AURIGA CrossBeam,

оборудованного аналитическими системами для исследования элементного состава поверхности методом рентгеноспектрального микроанализа (EDS) и исследования кристаллической структуры поверхности методом дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD). Исследование поверхности поперечного сечения образца обнаружило наличие зеренной структуры (рис. 1) с ярко выраженными сегрегациями углерода, кислорода, алюминия, хрома, кремния и железа на границе напыленного слоя и основного металла.

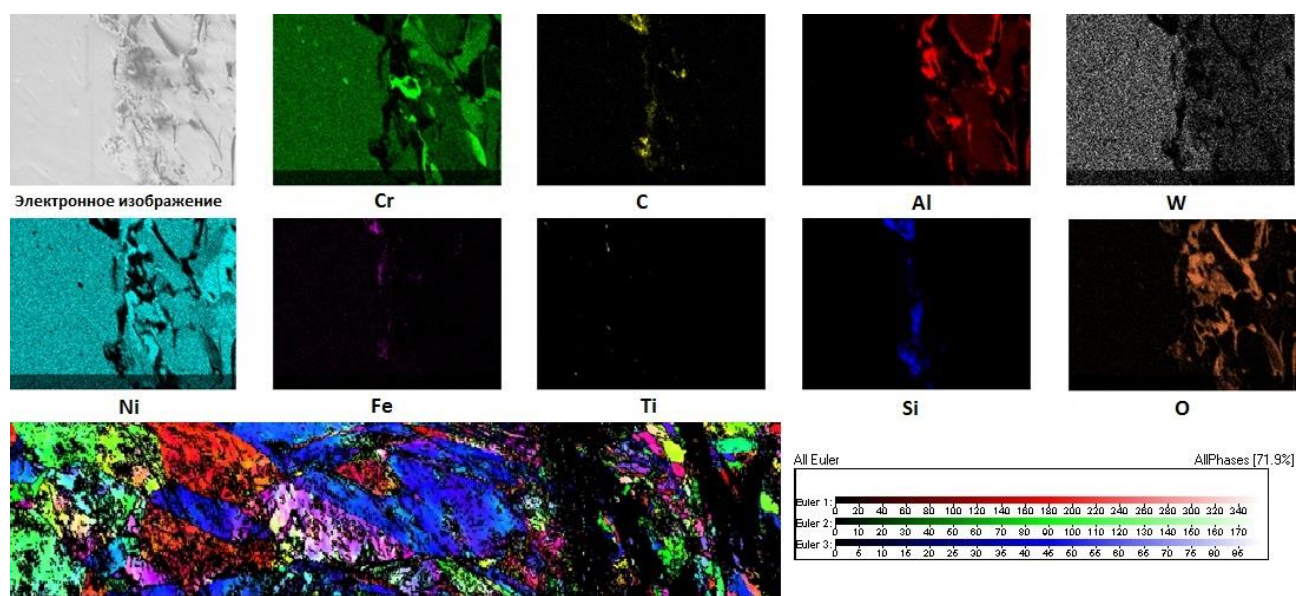


Рис. 1. Микроструктура поверхности поперечного сечения трубы из сплава ХН60ВТ с напылением порошка ПВ-НХ16Ю6Ит: EDS-анализ в виде карт распределения элементов и EBSD-анализ в формализме углов Эйлера.

1. Масленков С.Б., Жаропрочные стали и сплавы, Металлургия (1983).
2. Pollock T., Tin S., Journal of Propulsion and Power, 22, 361 (2006).
3. Ou M., Hao, X. et. al., Journal of Alloys and Compounds, 732, 107 (2018).
4. Tang B., Jiang L. et. al., Materials Characterization, 78, 144 (2013).
5. Alabbad B., Li L., Tin S., Journal of Alloys and Compounds, 775, 931 (2019).